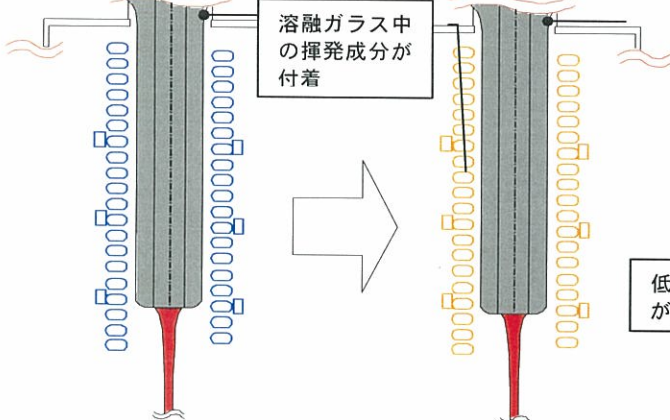
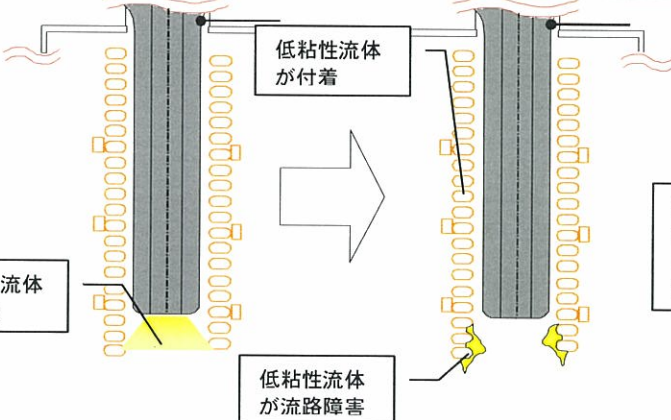
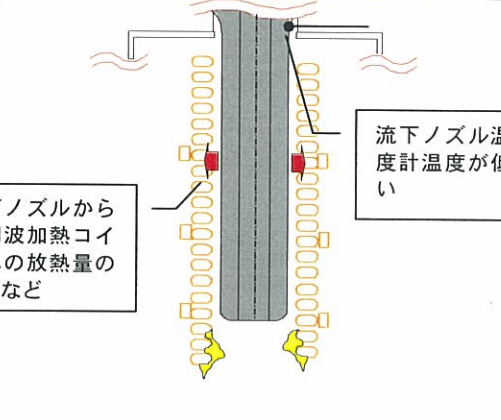
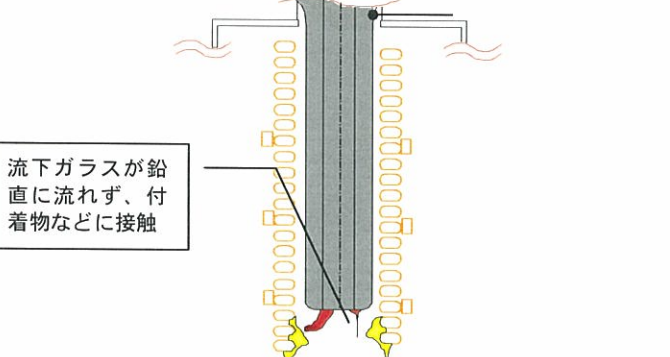
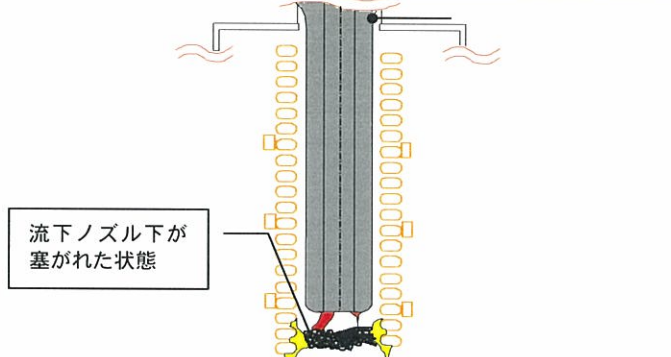
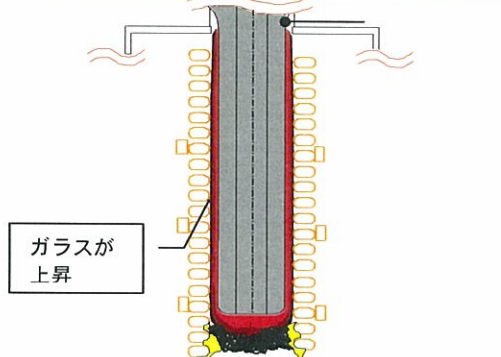
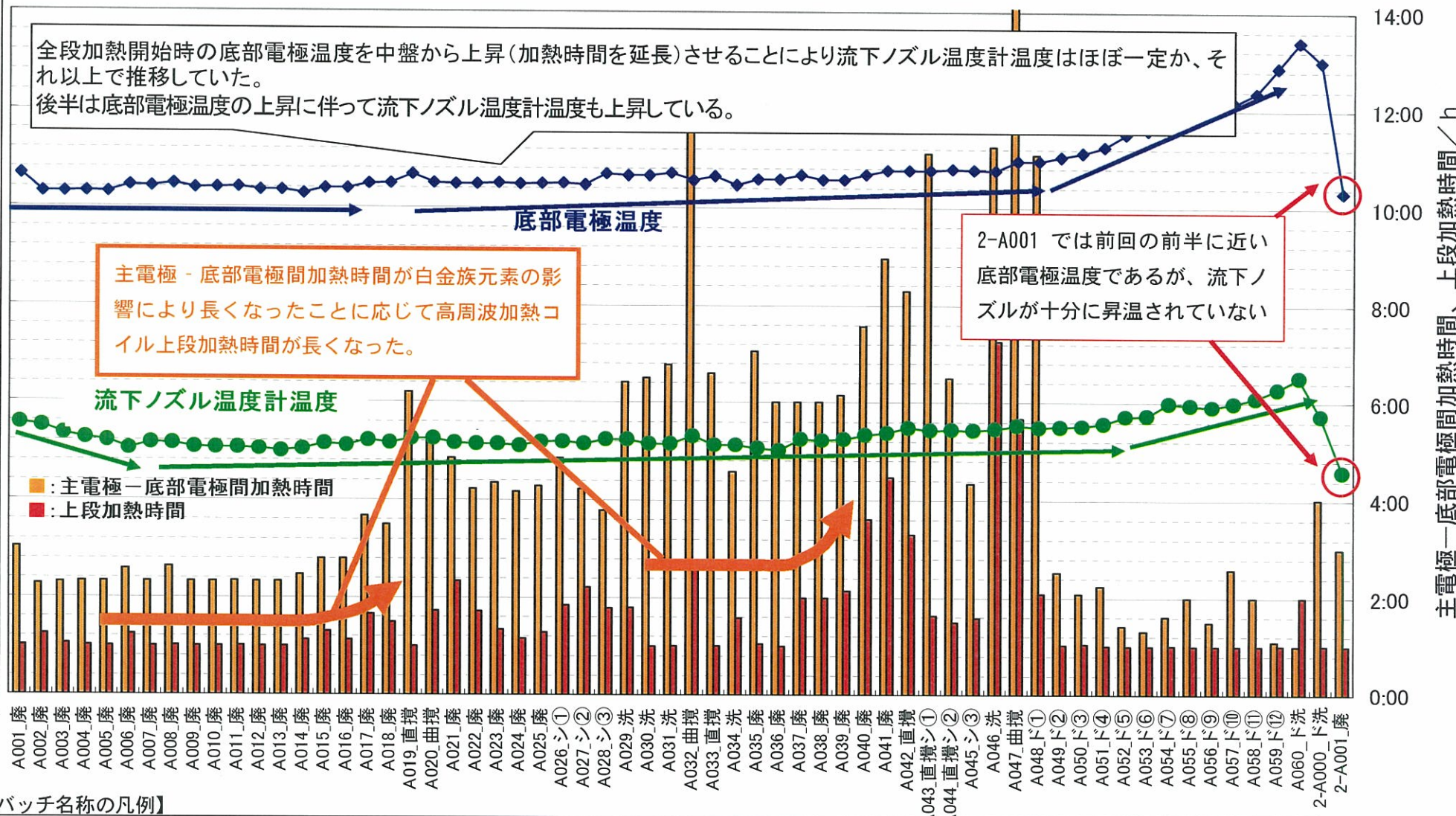


流下停止等に至った経緯（流れ図）

① 熔融ガラス中揮発成分の揮発	② 低粘性流体の付着	③ 流下ノズル温度計温度が低い
 <p>熔融ガラス中の揮発成分が付着</p> <p>低粘性流体が発生</p>	 <p>低粘性流体が付着</p> <p>低粘性流体が流路障害</p>	 <p>流下ノズル温度計温度が低い</p> <p>流下ノズルから高周波加熱コイルへの放熱量の増加など</p>
<ul style="list-style-type: none"> 化学試験及び第4ステップを通して、熔融ガラス中の揮発成分が揮発し、高周波加熱コイルに付着し、徐々にコイル表面のふく射率が上昇した。 	<ul style="list-style-type: none"> 第4ステップで低粘性流体が発生し、高周波加熱コイル全面に付着した。 また、高周波加熱コイル下段に付着し、流路障害となった。 	<ul style="list-style-type: none"> 高周波加熱コイル表面のふく射率の上昇などによって、流下ノズルの放熱量が増加し、流下ガラス温度が低くなった。
④ ガラス流下が不安定	⑤ 流下ノズル下の閉塞	⑥ ガラスの上昇
 <p>流下ガラスが鉛直に流れず、付着物などに接触</p>	 <p>流下ノズル下が塞がれた状態</p>	 <p>ガラスが上昇</p>
<ul style="list-style-type: none"> 流下ノズルの温度が低い状態で流下を開始。 ガラス温度が低いため、ガラスがティーポット現象により振れる。さらに冷却されることによって、外に曲がる。 曲がったガラスがガイド管やコイルに接触する。 	<ul style="list-style-type: none"> 接触したガラスを起点に流下ノズルを塞ぐ状態となった。 	<ul style="list-style-type: none"> ガラス熔融炉内のヘッド圧によって流下ノズルより出たガラスが上昇し、上端部まで到達した。

1 回目全段開始時の底部電極温度，流下ノズル温度計温度/℃



【バッチ名称の凡例】

廃：廃液供給 洗：模擬ビーズによる洗浄運転 シ：シャットダウン運転（3本抜き出し） 直攪：直棒型攪拌装置を用いた洗浄運転
直攪シ：直棒型攪拌装置を用いたシャットダウン運転 曲攪：曲棒型攪拌装置を用いた洗浄運転 ド：ドレンアウト運転
ド洗：ドレンアウト後の洗浄運転

流下ノズル温度計温度の推移

コイル表面のふく射率が上昇することに対する電力調整について

1. コイル温度の評価方法について

汎用数値流体解析コード（以下、「本解析コード」という。）を用いて、高周波加熱コイル表面のふく射率が0.1におけるノズル温度の解析を行い、過去の工場試験結果などと比較を行った。比較結果を図-1に示す。なお、ふく射率は、高周波加熱コイル表面が金メッキされていることから、保守的に0.1と設定した。

解析結果は、工場試験結果や放射温度計による計測値から外伸すると概ね一致していることから、本解析コードを用いて、高周波加熱電力を検討するものとした。

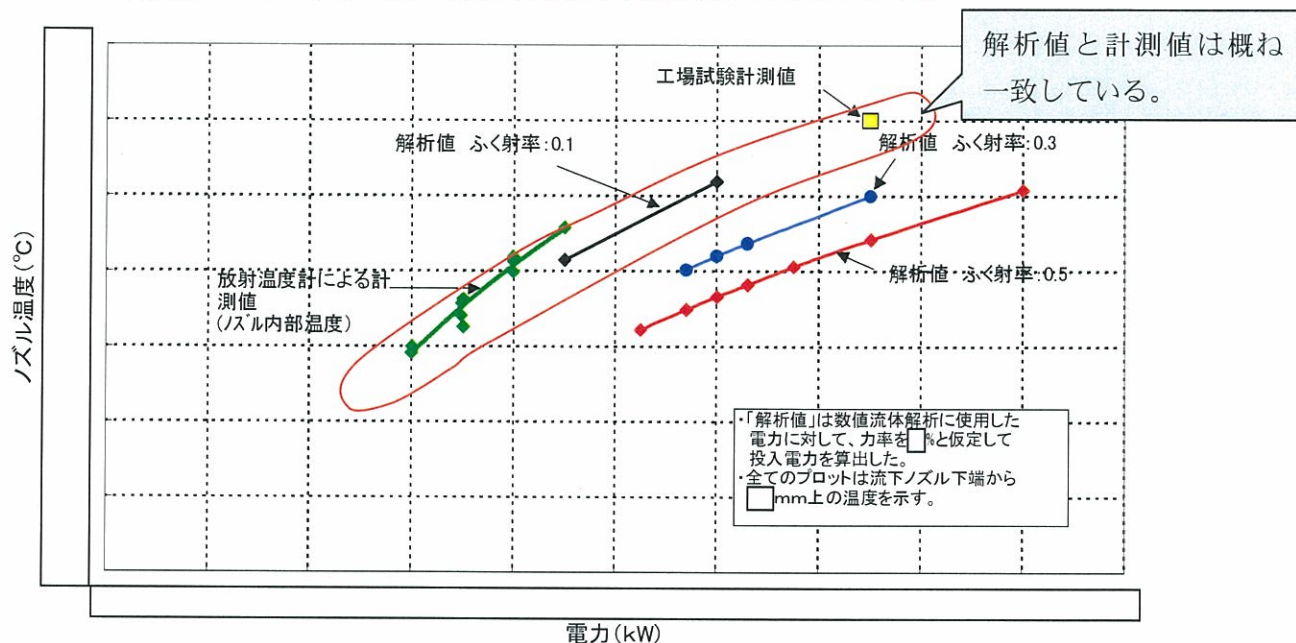


図-1 ノズル温度の解析結果と工場試験結果などとの比較

(注)過去の工場試験結果などからの類推によって、初期状態のコイル表面のふく射率は0.1に相当する。また、ノズル温度計位置の温度は、アクティブ試験の初期と比べると今回の流下停止時は \square ~ \square °C低下していることからふく射率0.5までを考慮した。

2. 高周波加熱電力の管理値

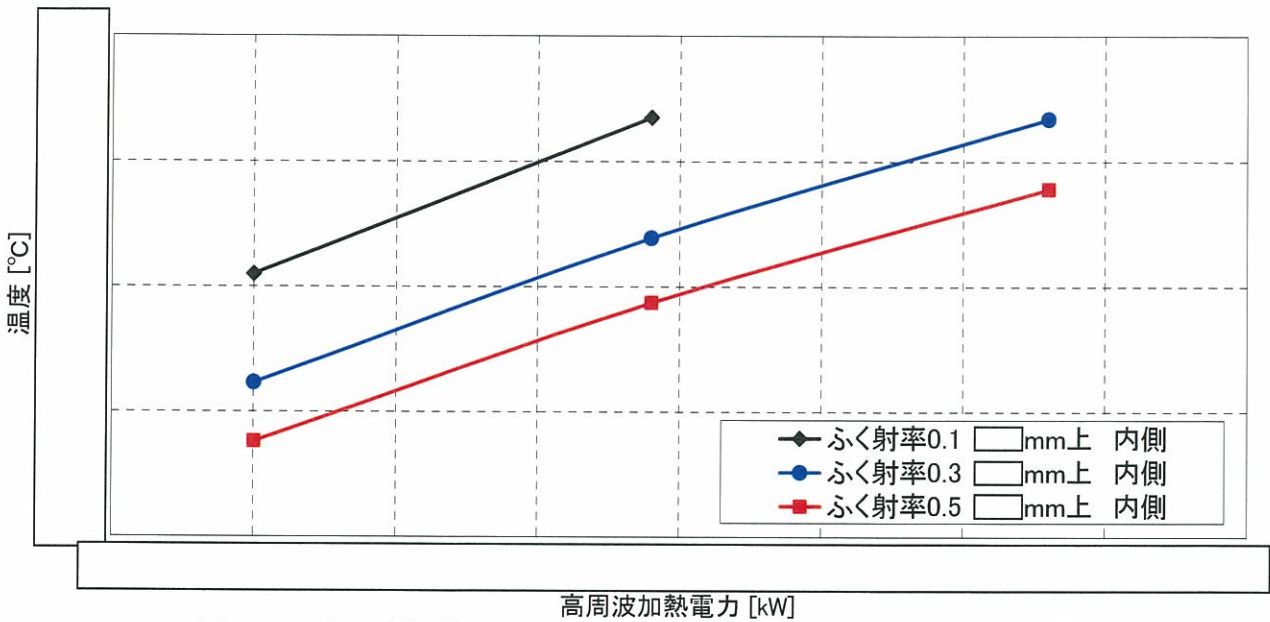
流下性を確保するためには、流下ノズル温度を一定に保つ必要があるが、現状、運転中にコイル付着物によるふく射率の変動を知る方法はない。

一方、流下ノズルは健全性を維持するためにインコネルの最高使用温度は \square °C以下とすることが必要である。

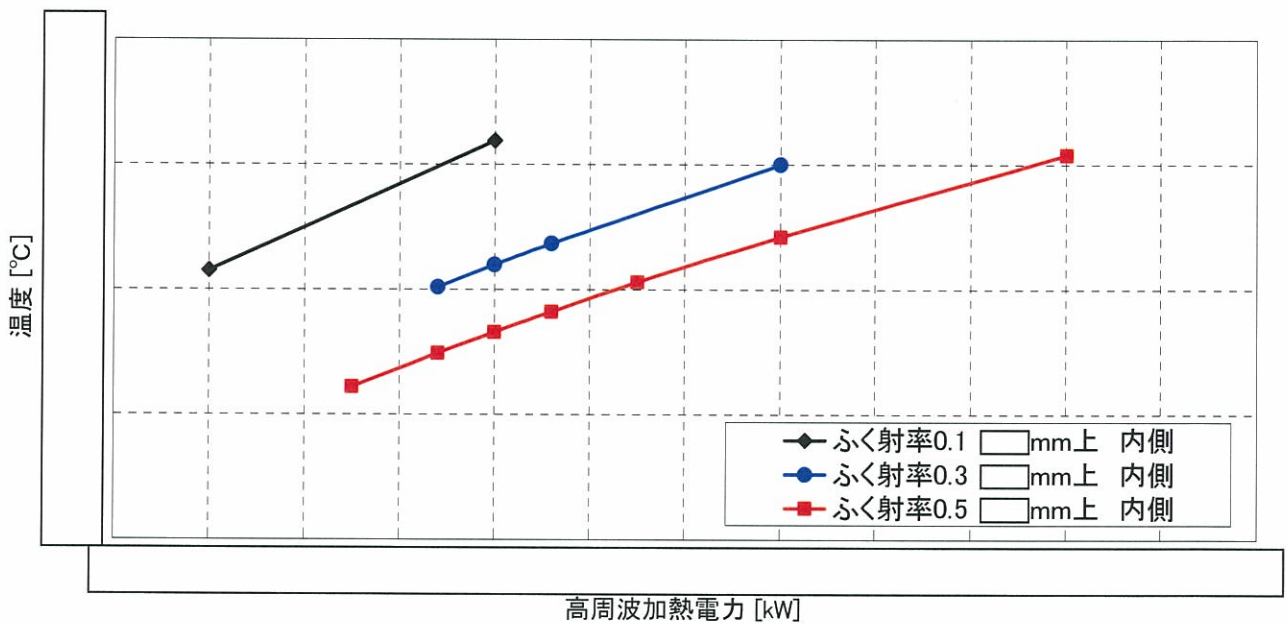
そこで、流下ノズルの高周波加熱電力の管理値は、付着物がないときのふく射率0.1で最高温度が \square °Cを超えない条件で設定することとした。

高周波電力と流下ノズル最高温度の関係を整理した結果を図-2、3に示す。解析結果より、以下の通り、高周波電力の管理値を設定した。

- ・上段加熱電力の管理値： \square kW (印加可能電力最大値： \square kW)
- ・全段加熱電力の管理値： \square kW (印加可能電力最大値： \square kW)



図一 2 高周波加熱電力と流下ノズル最高温度の関係（上段加熱時）
 （ふく射率 0.1 のときが高周波加熱電力の管理値に対して最も厳しい）



図一 3 高周波加熱電力と流下ノズル最高温度の関係（全段加熱時）
 （ふく射率 0.1 のときが高周波加熱電力の管理値に対して最も厳しい）

3. 電力調整

高周波加熱コイルへの付着物の増加に伴うふく射放熱量の増加に対しては、上段加熱中の流下ノズル温度の上昇（鈍化）、全段加熱開始後流下開始までの時間（延長）、流下開始後の流下速度の上昇（鈍化）の監視及び結合装置の覗き窓からの低粘性流体の高周波加熱コイルへの付着状況の監視結果などを評価し、前項で測定した電力管理値を考慮した上で、高周波加熱電力等の調整方法を今後検討していく。

以上

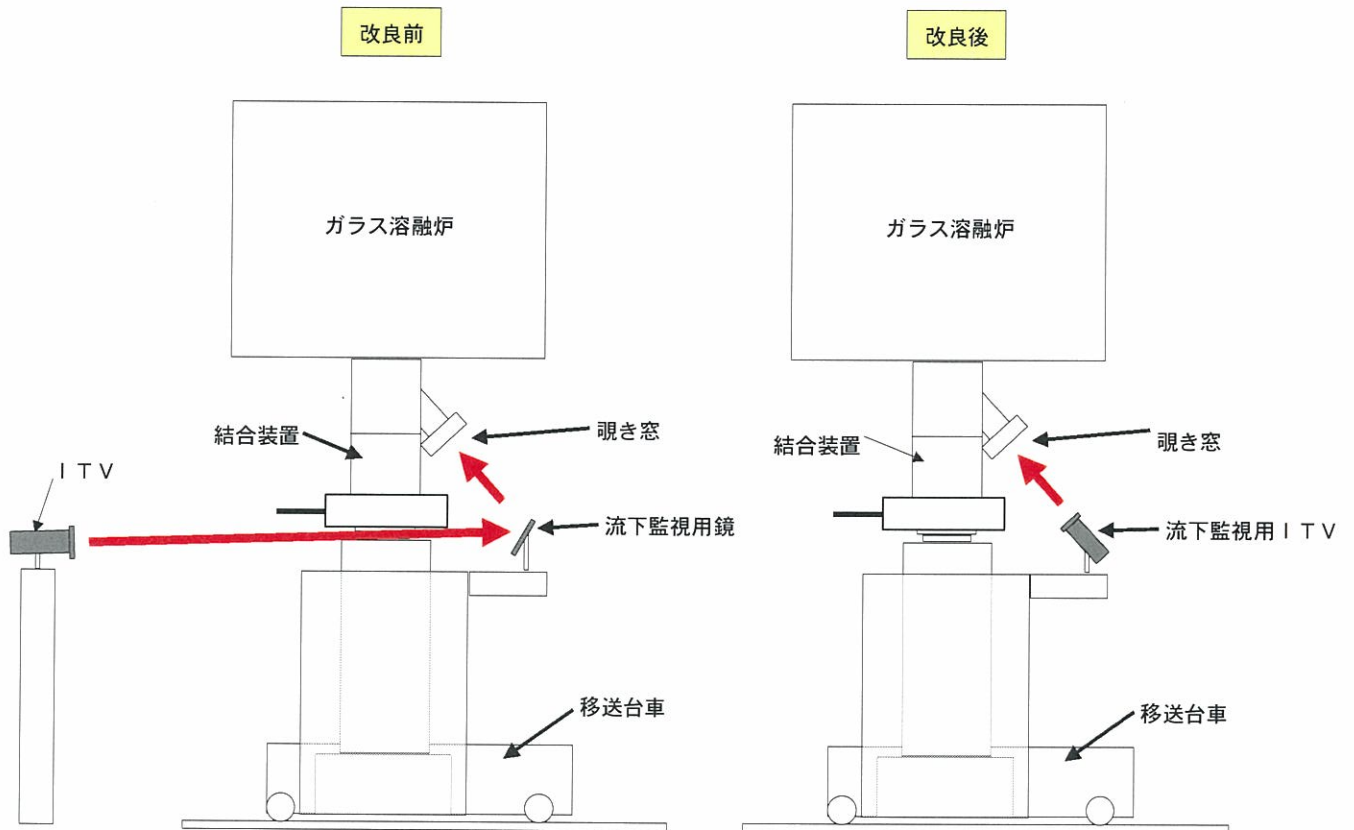
低粘性流体発生の抑制方策としての廃液調整

対 策	具体的な対策	反映方法
a. 崩壊熱及び微量成分の低減を図るために廃液の調整	<ul style="list-style-type: none"> ・ 廃液の調整として調整液を高レベル廃液の組成調整を行う混合槽に添加する。 ・ 試薬として、化学試験にてガラス熔融実績を有する低模擬廃液をベースとした模擬廃液を約□%添加する。 ・ 試薬添加により、廃棄物濃度を前回より上昇させる。 ・ 廃液中の微量成分（硫黄）の濃度を低減させる。 	<p>運転管理マニュアルへ反映</p>
b. 単位時間当たりに供給される仮焼層形成成分を増加させるための廃液供給速度の上昇	<ul style="list-style-type: none"> ・ 仮焼層を早期に形成させるよう立ち上げ時の廃液供給速度を前回より上昇させる。 ・ 定常運転時についても廃液供給速度を前回より上昇させる。 	<p>運転管理マニュアルへ反映</p>

出典：「再処理施設 高レベル廃液ガラス固化設備の安定運転条件検討結果報告」（平成20年6月11日）

ITVによる視認性の改善

流下性確認試験における確認方法が、結合装置覗き窓からの観察であることから、監視用の鏡を経由せず直接的にITVで監視することにより視認性が向上した。





(アクティブ試験第4ステップにおける流下時)



(AT-2-A001 流下時)

流下監視用鏡 (ステンレス板) に反射したものを I T V で見た映像



I T V で直視した覗き窓映像 (流下ノズル健全性及び流下性確認試験時)
(視認性が向上している)

I T V による視認性の改善

(1) 遠隔保守

固化セルなどは高放射線環境下であることから、作業員が直接保守をすることができない。このような環境での機器の修理、交換を行う方式。作業員が近づけないため、作業箇所を見るためのしゃへい窓、I TVカメラ、クレーン、パワーマニプレータなどの装置を使用して保守を行う。

(2) 化学試験

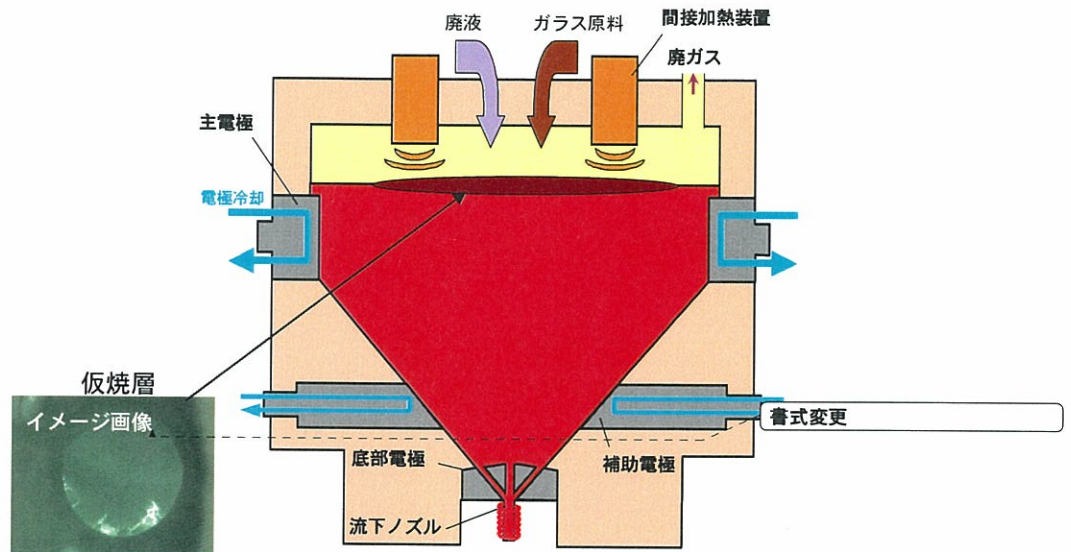
試薬等を用いて、機器単体及びシステムの作動、性能等の確認を行う試験。K施設(用語集(33))では、模擬廃液を用いて化学試験を実施した。

K施設の化学試験の結果は、「再処理施設 化学試験報告書(その3)」として取り纏めた。

(3) 仮焼層

ガラス溶融炉上部から投入されるガラス原料と廃液の混合物が加熱されることにより、溶融ガラス表面において、廃液の水分の蒸発、脱硝等の反応が起こるとともに、ガラス原料が溶融し廃棄物成分と混ざり合う過程の層を形成する。この層を仮焼層と呼ぶ。

なお、仮焼層が小さくなると溶融ガラスから気相部への放熱量が増え、溶融ガラス温度が低下する傾向にあり、大きくなると溶融ガラスから気相部への放熱量が減り、溶融ガラス温度が上昇する傾向にある。



(4) ガラスカートリッジ

T V Fで使用されている高レベル廃液をガラス固化するための原料で、ガラス原料を加工(繊維状にしたもの)し固めたもの。

(名称: ガラスファイバークートリッジ)



約φ70mm×約70mm

(5) ガラス固化

高レベル廃液をガラス原料と一緒に高温(1100~1200℃)で加熱・溶融

することにより水分を蒸発させ、廃液中の成分をガラスマトリックスに溶解し、ガラス固化体容器に注入・固化することで安定化させるプロセス。

(6) ガラス固化体

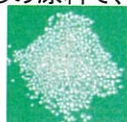
溶解したガラスをステンレス製容器に注入したもの。

(7) ガラス固化体容器

ガラス原料と高レベル廃液を溶融炉で混合溶解した、溶融ガラスを注入するためのステンレス製容器。直径約430mm、高さ約1340mm、容量約150L（注入ガラス重量約400kg）

(8) ガラスビーズ

K施設（用語集（33）参照）で使用されている高レベル廃液をガラス固化するための原料で、ガラス原料を加工（粒子状にしたもの）したもの。



約φ2mm

(9) 間接加熱装置

溶融炉のガラスを加熱するために用いる外部加熱ヒータ。材質は、炭化珪素（SiC）。

(10) 結合装置

溶融ガラスのガラス固化体容器への注入時に、ガラス溶融炉下部とガラス固化体容器との双方をエア駆動（駆動ペローズ）により結合する装置。本装置には、のぞき窓が装備されている。結合装置内の排気は溶融炉プレナム部を介して高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備に接続する。

(11) 高レベル廃液

使用済燃料再処理工場の分離・分配工程から発生する抽出廃液等をいう。高レベル廃液を蒸発缶で濃縮し、その濃縮液を再処理工場内の冷却機能を有する貯槽に貯蔵している。

(12) 固化セル

ガラス溶融、高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理、ガラス固化体取扱の主要な設備が設置されているセル。本セルは、人が立ち入ることはなく、当該セル内の設備の保守はすべて遠隔操作で行う。

(13) コールド試験

高レベル廃液の成分・組成を非放射性の成分により模擬した廃液を用いて、「固

化プロセス運転」により施設・設備の安全性、運転性を確認する試験。

(14) 主電極

溶融炉の溶融槽内に露出させた一対の金属構造物で、ガラスに通電を行い、加熱・溶融させるための装置。主材料は、Ni、Cr、Feを主成分とした耐熱合金材のインコネル。

(15) 主底間抵抗値

主電極と底部電極の間で電流を流した際の抵抗値。

(16) 低温保持運転

ガラス溶融炉に廃液の供給を行わない場合の運転で、ガラス温度を低い状態とし、炉内の白金族元素の沈降を抑制する運転方法。

(17) 低粘性流体

通常の流下ガラスよりも粘性の低い流体。アクティブ試験第4ステップでは、流下の初期に発生した。

(18) 底部電極

溶融炉の溶融槽内底部に露出させた金属構造物で、流下を行う際に主電極と通電を行い、ガラスを加熱・溶融させるための装置。主材質はNi、Cr、Feを主成分とした耐熱合金材のインコネル。

(19) 熱電対追加後試験

モックアップ試験及び化学試験の実績を基に炉底低温運転（用語集(30)参照）をより確実に実施することを目的として溶融炉底部に温度計を追加設置した。その設置後、機能確認のため、模擬廃液を用いてガラス溶融炉の運転を行った試験。

(20) 濃縮器

高レベル廃液及び廃液処理系の濃縮液を組成調整後、蒸気加熱によって約2倍程度の濃度に蒸発処理する設備。濃縮された廃液は、溶融炉に供給し、固化処理される。K施設（用語集(33)参照）には設置されていない。

(21) 白金族元素

白金及び白金に似た性質をもつ周期表第8～10族に属するルテニウム、ロジウム

ム、パラジウム、オスミウム、イリジウム及び白金の6元素をいう。

使用済燃料中のルテニウム、ロジウム及びパラジウムは多くが高レベル廃液に移行する。高レベル廃液はガラス溶融炉内に供給するが、高レベル廃液に含まれる白金族元素は底部に沈降しやすい性質を持つことから、炉底低温運転（用語集(30)参照）を行うことにより急激な沈降を抑制し管理する必要がある。

また、沈降し、ガラス溶融炉底部に堆積すると電気を通しやすい性質から、主電極－底部電極間で通電する電流を迂回させ、流下時の加熱を妨げる要因となる。

(22) 白金族元素堆積指標

ガラス溶融炉内における白金族元素の沈降・堆積を評価することを目的としている指標。

(23) パワーマニプレータ及びクレーン

高放射線環境下にある固化セル等に設置されている遠隔保守用の装置。

(24) ホウケイ酸ガラス

ケイ素四面体の不規則格子を基本にし、一部がホウ酸及び他の陽イオンで置き換えられているガラス。

(25) 補助電極

溶融炉の溶融槽内底部斜面に露出させた一对の金属構造物で、ガラスに通電を行い、加熱・溶融させるための装置。溶融炉内で溶融したガラスのガラス固化体容器への注入を円滑に行うために用いる。

主材質はNi、Cr、Feを主成分とした耐熱合金材のインコネル。通常の運転では炉底低温運転を行うため、冷却空気によって冷却している。

(26) 模擬ガラスピース

模擬廃棄物成分（白金族成分を除く）とガラス原料から、標準ガラスの組成を模擬してガラスピース状に調整したもの。

(27)モックアップ試験

KMOC（用語集(34)参照）において模擬廃液を用いて実施した試験。平成12年に第1次試験を行い、その後第7次試験まで実施した。

(28) 流下ノズル

溶融ガラスを溶融炉下部にセットされたガラス固化体容器に注入する際に高周波で加熱し、停止時には加熱を止めて空気冷却する装置。

(29)リン酸ニブチル（DBP）

使用済燃料を硝酸で溶解した溶解液からウランとプルトニウムを抽出するための

溶媒抽出プロセスに用いるTBPが放射線分解することで生成するもの。

(30) 炉底低温運転

補助電極を空気により常時冷却することにより、炉底部の□mmにある温度計を平均□℃に管理するとともに、ガラス流下終了後に底部電極を空気により冷却して、流下後の白金族元素の底部への沈降を抑制する運転方法。白金族元素の抜き出しに有効な手法。

(31) 炉内洗浄

模擬ガラスビーズを供給しながら、熔融炉の炉底部に堆積した白金族元素を含むガラスを抜き出す方法。

(32) AVM法、AVH法（高周波加熱方式）

高レベル廃液をロータリキルンで仮焼し、金属熔融炉に入れ、その後高周波外部加熱でガラスを熔融する方式。仏国AREVA社が採用している方式。

(33) K施設

青森県六ヶ所村日本原燃再処理工場内に建設した「高レベル廃液ガラス固化・貯蔵施設」をいう。

(34) KMOC（モックアップ）

K施設（用語集（33）参照）ガラス熔融炉に係る機能の確証を目的とした各種試験を行うために茨城県東海村に設置した実規模大の熔融炉。

(35) LFCM法（液体供給式直接通電型セラミックメルタ方式）

熔融したガラスの腐食に耐える耐火性セラミックで内張りしている熔融炉を用い、高レベル廃液をガラス原料とともに供給し、ガラスに電流を通じることにより発生するジュール熱でガラスを熔融する方式。

(36) TVF

日本原子力研究開発機構（JAEA：旧核燃料サイクル開発機構）が茨城県東海村に建設した「ガラス固化技術開発施設」をいう。

以 上